

BAB II

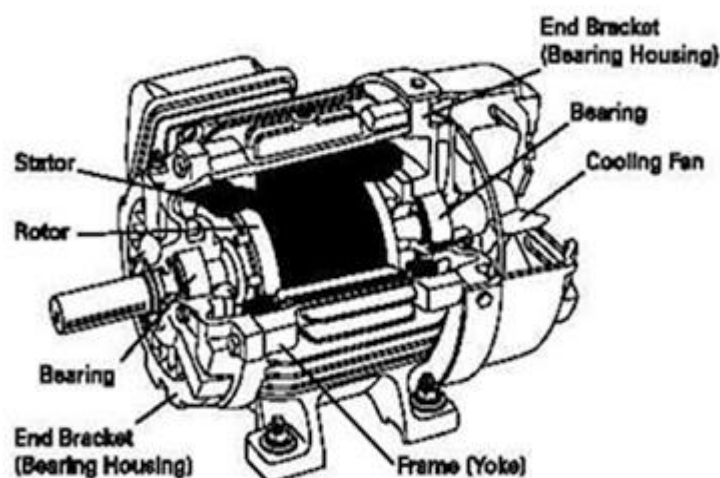
STUDI PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori penunjang serta dapat mendukung perencanaan dan terselesaikannya tugas akhir ini. Karena dengan teori penunjang ini akan mengetahui bagaimana cara mendesain dan merancang suatu rangkaian PWM kontrol dengan metode FOC (*Field Oriented Control*) dan beban motor induksi tiga fasa yang dilengkapi dengan kontrol kecepatan dengan sistem *loop* tertutup menggunakan program MATLAB *simulink*. Adapun teori penunjang diantaranya motor induksi, *inverter* tiga fasa, PWM, Kontroller PI, dan metode FOC (*Field Oriented Control*).

2.1 Motor Induksi

2.1.1. Struktur Motor

Struktur Motor induksi terbagi dua bagian yaitu stator serta rotor. Stator adalah komponen tidak berputar serta rotor komponen berputar. Stator serta rotor terpisah oleh sela udara berjarak sempit. Struktur motor dapat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa(Dwi Rizky Irawan, 2016)

2.1.2. Medan Putar

Saat belitan 3 phasa motor induksi diberi suplai maka medan magnet bergerak. Medan magnet terbentuk oleh sumbu – sumbunya berpengaruh pada letak yang tak tetap pada stator namun berubah – ubah memutar stator. Adapun *magnitude* medan putar ini terus – menerus sama ialah sebesar $1.5 \Phi_m$, nilai Φ_m ialah fluks yang menyebabkan sephasa.

2.1.3. Cara Kerja

Cara kerja motor induksi sebagai berikut ;

- 1) Pada saat tegangan bolak - balik terhubung oleh kumparan stator ,maka menimbulkan medan putar yang kecepatannya, diberikan oleh persamaan (2.1).

$$N_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots(2.1)$$

- 2) Medan putar stator membagi batang konduktor pada rotor.
- 3) Sehingga belitan rotor memicu voltase induksi yaitu E_r sebagaimana persamaan (2.2).

$$E_r = 4,44f_2N_2\phi_m \dots\dots\dots (2.2)$$

- 4) Karena hubungan rotor tertutup maka gaya gerak listrik induksi menimbulkan arus.
- 5) Arus didalam medan magnet membuat gaya pada rotor.
- 6) Dari penjelasan 2.1 dan 2.2 terlihat syarat terwujudnya voltase induksi dengan adanya selisih kecepatan relatif (*slip*) antara kecepatan medan putar stator(N_s) serta kecepatan putar rotor(N_r) dapat ditulis dalam bentuk persamaan (2.3).

$$S = \frac{n_{snr}}{n_s} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

- 8) Jika $N_s = N_r$, maka tegangan tak terinduksi serta arus tak mengalir oleh kumparan rotor, akibatnya tak menghasilkan Copel. Copel dikeluarkan dengan N_r lebih kecil dari N_s .

2.1.4. Pengendalian Putaran Motor Induksi

Aplikasi putaran motor induksi, oleh perbandingan (2.4).

$$n_{r=n_s}(1 - S) = \frac{120f}{p}(1 - S) \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dari perbandingan (2.4) dapat dibuktikan bahwa kontrol putaran pada motor induksi dapat dibuat dengan cara, yakni :

1) Mengubah frekuensi

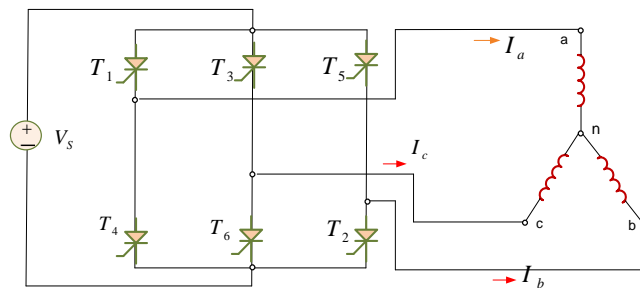
kontrol frekuensi untuk mengontrol putaran motor AC umumnya oleh pengaturan voltase masuk sama dengan frekuensi. Dengan memanfaatkan *inverter*, ialah suatu alat untuk mengubah tegangan DC menjadi voltase AC. Perubahan frekuensi arus AC dari *inverter*.

2) Mengubah tegangan stator

kontrol putaran dengan mengonversikan voltase stator dijalankan dengan mengatur vector tegangannya. *Flux* serta torsi ini adalah keadaan aktual untuk membandingkan torsi serta *flux* referensi akan memastikan keadaan torsi error, *flux* error serta posisi *flux* stator. Sedangkan menghubungkan keluaran torsi error, keluaran *flux* error, serta posisi *flux* stator hingga didapatkan posisi *switching inverter*, serta untuk memastikan besar voltase serta arus yang dilepaskan menuju stator. kontrol ini dapat dijalankan oleh sistem model *Field Oriented Control* (FOC). (Dwi Rizky Irawan, 2016)

2.2 Inverter

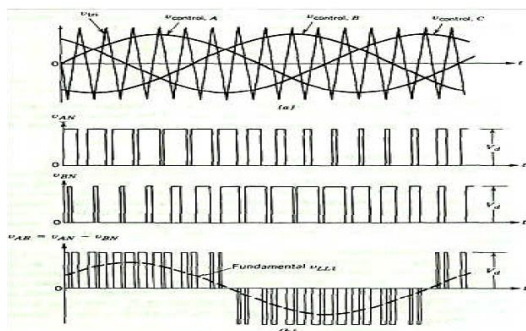
Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk merubah sumber tegangan DC menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Fungsi inverter adalah mengubah tegangan DC input menjadi tegangan AC output dan frekuensi yang diinginkan. Bentuk gelombang inverter ideal adalah sinusoidal. Sedangkan bentuk gelombang inverter dalam keperluan praktis tidak sinusoidal dan mengandung harmonisa dimana hampir semua aplikasi inverter tegangan harmonik mempengaruhi performa sistem. (Diktat Elektronika Daya Nurhadi, 2013)



Gambar 2.2 Rangkaian inverter 3 fasa (Diktat Elektronika Daya Nurhadi, 2013)

2.3 Pulse Width Modulation (PWM)

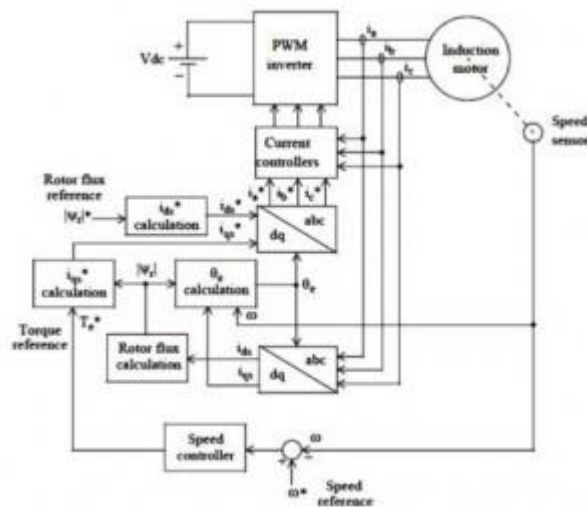
PWM digunakan untuk mengubah voltase masukan DC menjadi voltase keluaran AC dengan besar voltase dan frekuensi tertentu dengan memakai teknik modulasi pulsa. Terdapat macam bentuk pulsa yang dapat digunakan untuk modulasi.



Gambar 2.3 Proses PWM tiga fasa (Muhamad Majedi, 2016)

2.4 Metode Field-Oriented Control

Metode kontrol medan pada motor induksi, menggunakan sistem *coupled* diubah menjadi sistem *decoupled*. Oleh karena itu pengaturan ini arus penguatan serta arus beban motor dapat diatur sendiri – sendiri, Oleh karena itu torsi dan *flux* dapat diatur secara sendiri - sendiri, sebagaimana motor DC. (I Putu Sutawinaya, 2013)



Gambar 2.4 Diagram blok Motor Induksi Dengan *Field Oriented Control*
(Dwi Rizky Irawan, 2016)

Fluks rotor dan torsi diatur secara sendiri - sendiri dengan arus stator *direct-axis* (i_{ds}) dan arus *quadratur-axis* (i_{qs}). Banyak arus *quadratur-axis* referensi (i_{qs}^*) dapat menghitungnya dengan torsi referensi T_e^* memakai perbandingan dibawah ini,

$$i_{qs}^* = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{p} \cdot \frac{L_r}{L_m} \cdot \frac{T_e^*}{\lambda_r^*} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

L_r merupakan induktansi rotor, L_m merupakan induktansi *mutual*, serta λ_r merupakan *flux linkage* rotor *voltage*, yang didapatkan oleh perbandingan dibawah ini.

$$\lambda_r = \frac{L_m i_{ds}}{1 + T_r s} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan $T_r = \frac{L_r}{R_r}$ adalah waktu rotor.

Banyaknya arus *direct-axis* stator referensi i_{ds}^* yaitu bergantung atas masukan *flux* referensi λ_r^* , adalah

$$i_{ds}^* = \frac{\lambda_r^*}{L_m} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Sudut fluks rotor θ_e mentransformasikan koordinat yang didapatkan dari estimasi dari kecepatan putaran rotor ω_m serta kecepatan *slip* ω_{sl} , oleh perbandingan,

$$\theta_e = \int (\omega_m + \omega_{sl}) dt \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Kecepatan *slip* didapatkan atas estimasi arus stator referensi i_{qs}^* oleh ukuran motor,

$$\omega_{sl} = \frac{L_m}{\lambda_r^*} \cdot \frac{R_r}{L_r} \cdot i_{qs}^* \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Arus referensi i_{qs}^* dan i_{ds}^* ditransformasi pada arus sephasa referensi i_{as}^* , i_{bs}^* , i_{cs}^* sebagai inputan regulator arus. Maka regulator arus mengoperasikan arus fasa referensi sebagai sinyal pemicu serta dapat mengendalikan inverter. (Rizana Fauzi, 2016)

2.5 Kontroller Proposional Intergral

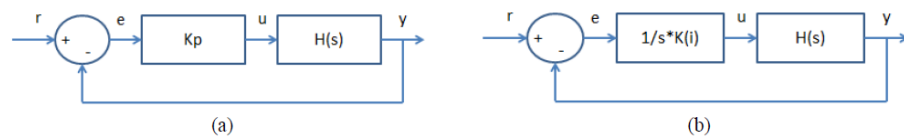
Kontroler PI adalah kumpulan antara *controller* P dengan *controller* I. Dimana karakteristik dari *controller* P yaitu mengecilkan *rise time*, menaikkan *overshoot*, dan mengecilkan *steady state error*. Serta kontroler integral memiliki spesifikasi mengecilkan *rise time*, menaikkan *overshoot*, dan menghapuskan *steady state error*. Dengan Demikian, nilai K_p dikecilkan agar mengatasi *overshoot* melampaui. Nilai $K_i > K_p$ karena

untuk menghilangkan *steady state error*. Pada waktu berulang-ulang PI dirumuskan sebagai berikut : (Muhamad Majedi, 2016)

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \dots\dots\dots (2.10)$$

Fungsi alih kontrol $PI(s)$ dapat dinyatakan dibawah ini:

$$u(s) = \left[K_p + \frac{K_i}{s} \right] e(s) \dots\dots\dots (2.11)$$

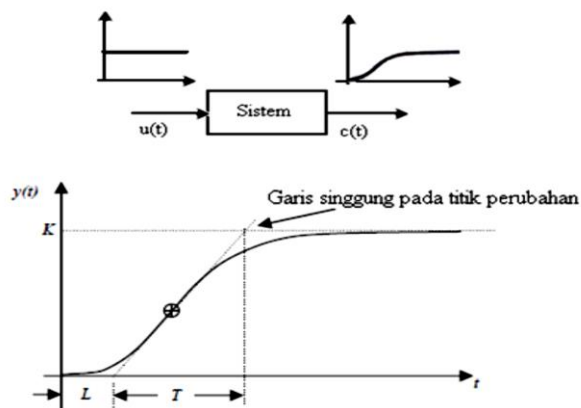


Gambar 2.5 (a) Kendali P , (b) Kendali I

(Rizana Fauzi, 2016)

2.6 Metode Tuning *Nichols - Ziegler*

Cara memilih tuning PID menggunakan metode tuning *Ziegler-Nichols*. Metode ini bermaksud untuk pencapaian *maximum overshoot* (MO) : 25 % terhadap masukan *step*. Pada gambar 2.6 dibawah ini adalah kurva tuning PID *Ziegler-Nichols*.



Gambar 2.6 Kurva Tuning PID *Nicholas-Zigler*

L = Waktu *Delay*

T = Waktu Konstant

Tabel 2.1 Merupakan Estimasi PID Pada *Nicholas-Zigler*

TABEL 2.1
Nicholas-Zigler

Tipe	K_p	K_i	K_d
P	T/L	\sim	0
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	0
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$